

“CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS”

"Certificación energética en edificaciones residenciales"



Proyecto fin de carrera realizado por Antonio Enríquez López

Ingeniería Industrial

Universidad de intercambio: Universidad Federal de Itajubá (Brasil)

Tutor: Luiz Augusto Horta Nogueira

Fecha de lectura: 1 de Julio de 2013

Tribunal: Luiz Augusto Horta Nogueira

Lucilene de Oliveira Rodrigues

Leonardo Kyo Kabayama

Calificación obtenida: 83

Universidad de origen: Carlos III de Madrid

Coordinador académico: Miguel Roser Ballester

Cotutor: Jaime Alonso-Martínez de las Morenas

Equivalencia calificación: 8,5

RESUMEN

El presente trabajo final de carrera tiene como objetivo realizar la certificación energética de edificios residenciales de acuerdo con la legislación actual existen en Brasil para después poder realizar el etiquetado energético de una residencia, localizada en Itajubá (Brasil). También se realizó los cambios necesarios que la casa necesita para alcanzar un nivel A de eficiencia energética, además del correspondiente análisis económico para conocer la rentabilidad o no del proyecto.

Antes de estudiar la legislación brasileña, primero fue fundamental hacer un breve análisis de la situación energética mundial y de los sectores con más consumo de energía como son los sectores industrial, de transporte y edificación. Además será analizado el uso de energía en las residencias.

SUMARIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Energía y sociedad.....	1
1.1.1 Cuadro energético mundial.....	1
1.1.2 Consumo de energía.....	1
1.2 Eficiencia energética.....	2
1.2.1 Sector residencial.....	2
1.2.2 Sector industrial.....	2
1.2.3 Sector transporte.....	3
CAPÍTULO 2 – USO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS RESIDENCIALES.....	3
2.1 Introducción.....	3
2.2 Estructura del edificio.....	3
2.3 Climatización.....	3
2.3.1 Sistemas de calefacción.....	4
2.3.2 Sistemas de refrigeración.....	4
2.3.3 Fuentes de energía.....	4
2.4 Aparatos eléctricos y electrónicos.....	4
2.4.1 Frigoríficos y congeladores.....	5
2.4.2 Lavadoras.....	5
2.4.3 Lavavajillas.....	5
2.4.4 Placas de cocción.....	5
2.4.5 Hornos.....	5
2.4.6 Pequeños electrodomésticos.....	5
2.4.7 Equipamientos electrónicos, de ofimática y de entretenimiento.....	6
2.5 Iluminación.....	6
2.6 Agua Caliente Sanitaria (ACS).....	6
2.7 Energía fotovoltaica.....	6
CAPÍTULO 3 – CERTIFICACIÓN DEL EDIFICIO EJEMPLO.....	7

3.1 Procedimiento para determinar la eficiencia de la residencia.....	7
3.2 Resultado.....	8
CAPÍTULO 4 – MODIFICACIONES ADOPTADAS Y ANÁLISIS ECONÓMICO...	8
4.1 Calentadores solares para ACS.....	8
4.2 Bonificación: Uso racional de agua.....	8
4.3 Bonificación: Iluminación Artificial.....	8
4.4 Bonificación: Frigorífico.....	9
4.5 Análisis económico.....	9
4.6 Resultados.....	10
CAPÍTULO 5 – CONCLUSIONES.....	10

CAPÍTULO 1 - INTRODUCCIÓN

En el primer capítulo se desarrolla un breve análisis de la situación energética mundial, intentando demostrar, según el informe “International Energy Outlook 2011”, realizado por la empresa estadounidense “Energy Information Administration”, que los países industrializados responden por la mayor parcela del consumo energético, y que en los países en desarrollo, crece de forma significativa. Por lo cual, gana relevancia la adopción de medidas de eficiencia energética que aseguren el atendimento de las necesidades de bien estar y confort con menores pérdidas de energía, en un marco de beneficios ambientales y económicos.

Para hacer un mejor análisis, es fundamental la consideración del aumento de la demanda energética en los países en desarrollo, considerando las necesidades de mejora de las condiciones de vida de millones de personas, mientras que el incremento de la producción de energía ocurre en un contexto de límites ambientales y de recursos energéticos. Así, conocer el futuro, anticipándose a los acontecimientos y abordarlos de una manera inteligente, puede ser el único modo de conseguir un desarrollo de una forma deseable, donde la eficiencia energética cumple un papel fundamental.

1.1 Energía y sociedad

En la civilización moderna, la disponibilidad de energía está fuertemente ligada al nivel de bienestar, a la salud y a la duración de vida del ser humano. En realidad vivimos en una sociedad que se podía denominar como “energívora”. En esta sociedad, los países más pobres muestran los consumos más bajos de energía, mientras que los países más ricos utilizan grandes cantidades de la misma. Sin embargo este escenario está cambiando de forma drástica, cambio que se acentuará en los próximos años, donde serán precisamente los países en vías de desarrollo quienes experimenten con mayor rapidez un aumento en su consumo de energía debido al incremento que tendrán tanto en sus poblaciones como en sus economías.

El objetivo de esta introducción es ofrecer una visión de cómo se encuentra la situación en cuanto a recursos energéticos en el ámbito mundial y mostrar las tendencias en cuanto al uso, utilización y tendencias de las fuentes de energía.

1.1.1 Cuadro energético mundial

El consumo de energía en el mundo se incrementará en un 53% entre 2008 y 2035, a pesar de que se espera que el aumento de precios tanto del petróleo como del gas natural siga en aumento. Gran parte de este incremento será producido por el experimentado en los países con economías emergentes o también conocidos como países BRICS. En el informe “Internacional Energy Outlook 2011” se prevé que el consumo de energía en el mercado experimente un incremento de 533 EJ (Exajulio) en 2008 hasta 653 EJ en 2020 y 812 EJ en 2035, así durante este periodo, los países OCDE incrementarán su demanda energética en un 18%, mientras que el resto de países lo harán al 85%.

1.1.2 Consumo de energía

De acuerdo con el caso de referencia de IEO2011, el uso de todas las fuentes de energía aumentará durante el periodo 2008-2035, como se puede observar en la Figura 1.2.

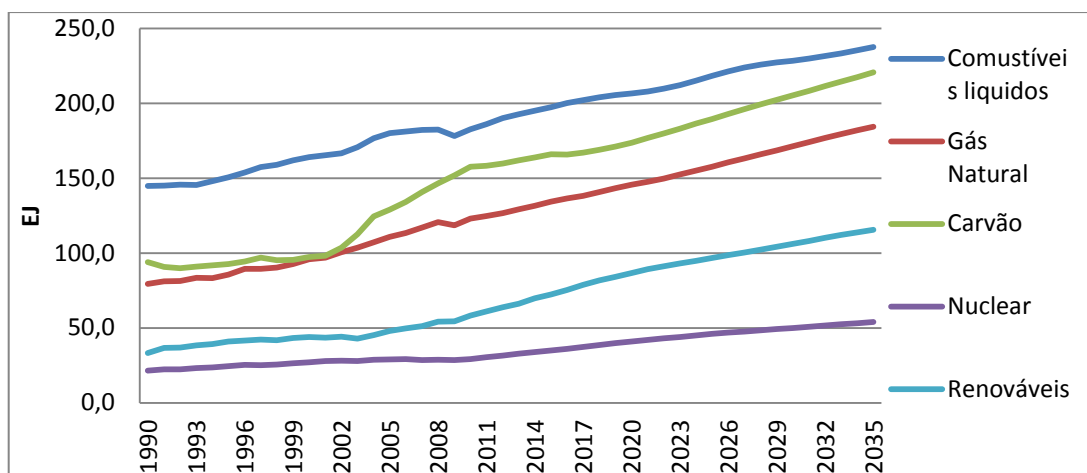


Figura 1.1: Consumo mundial de energía por origen (1990-2035).

Fuente: Elaboración propia a partir de las estimaciones de la EIA.

La Figura 1.2 indica que los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón), seguirán siendo los más utilizados en todo el mundo, básicamente por su importancia en el transporte y en el sector industrial. Para el resto, energía nuclear y energías renovables, también se espera que experimenten un aumento durante el mismo periodo, aunque mucho más suave. El empleo de estos dos recursos energéticos puede verse alterado por cambios en las políticas o leyes que limiten la producción de gases de combustión que, de acuerdo con los trabajos de muchos científicos, están siendo los responsables directos del cambio climático.

1.2 Eficiencia energética

La eficiencia energética es una práctica empleada durante el consumo de energía que tiene como objeto procurar bajar el uso de energía. Los individuos y las organizaciones que son consumidores directos de la energía pueden desear ahorrar energía para reducir costes energéticos y promover sostenibilidad económica, política y ambiental. Los usuarios industriales y comerciales pueden desear aumentar eficacia y maximizar así su beneficio. Entre las preocupaciones actuales está el ahorro de energía y el efecto medioambiental de la generación de energía eléctrica.

1.2.1 Sector residencial

En los próximos 20 años se espera un crecimiento de las ciudades, especialmente en los países en desarrollo, de alrededor de 1.500 millones de personas. Esto supone una presión añadida sobre las infraestructuras, que deben soportar a muchas más personas con los consumos añadidos consiguientes, y sin aumentar el impacto medioambiental. Por ello, se trata de un reto difícil para mejorar los edificios más antiguos e ineficientes, y también para los modernos edificios en los que los equipos de aire acondicionado y de iluminación son más intensivos en energía. Los edificios actuales consumen alrededor del 40 por ciento de la energía en la mayoría de los países.

1.2.2 Sector industrial

La industria demanda aproximadamente un tercio de la energía que se consume en el mundo. Esta cantidad no deja de crecer con 7.000 millones de personas en el mundo que no dejan de aumentar su nivel de vida. Al mismo tiempo, muchos países se enfrentan a un futuro de limitaciones que van desde un acceso restringido a la energía, a regulaciones medioambientales cada vez más estrictas.

Los esfuerzos hechos para medir, gestionar y mejorar constantemente la eficiencia energética ahorran dinero a corto plazo. A más largo plazo, estos esfuerzos mejoran la competitividad, promueven la innovación, y facilitan a las compañías el cumplimiento de sus compromisos medioambientales y de sostenibilidad. En otras palabras, las inversiones hechas en mejora de la eficiencia energética de las industrias, son críticas no solo para su rentabilidad a corto plazo, sino también porque compensan financieramente a largo plazo.

1.2.3 Sector transporte

Casi el 80 % del transporte asociado al comercio mundial (en volumen), se hace por mar, y la explosión del mercado mundial de la última década ha elevado las emisiones por esta causa a más del 3 % del total mundial, lo que es comparable a las emisiones de un país grande.

CAPÍTULO 2 - USO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS RESIDENCIALES

2.1 Introducción

El objetivo de este capítulo es presentar una visión específica de los elementos energéticos más comunes que se encuentran en una residencia, empezando por lo más general, como son los materiales de construcción, la estructura del edificio, los equipamientos eléctricos y electrónicos, iluminación, etc. hasta lo más específico como los diferentes sistemas de aire acondicionado, sistemas de calefacción y los sistemas utilizados para calentar agua.

Un edificio es una construcción hecha por el hombre para albergar a personas, animales, cosas o actividades. Está completamente cerrado por una envolvente exterior, formada por los muros, el techo y el suelo, que crea un microclima en su interior. La construcción de un edificio y su uso conllevan el consumo de una gran cantidad de energía y tienen un enorme impacto directo e indirecto sobre el medio ambiente. Los edificios no sólo utilizan recursos como energía y materias primas, sino que también generan residuos potencialmente peligrosos y además tienen asociadas una serie de emisiones atmosféricas por lo que se debe intentar reducir su impacto sobre el medio ambiente al mínimo. Los objetivos principales del diseño sostenible son:

- Evitar el agotamiento de los recursos energéticos naturales, del agua y las materias primas.
- Prevenir la degradación ambiental causada por las instalaciones y la infraestructura a lo largo de su vida útil.
- Crear construcciones que sean habitables, cómodas, seguras y productivas.

2.2 Estructura del edificio

La cubierta exterior de un edificio, llamada también envolvente, trabaja como un intercambiador con las condiciones climáticas externas, tomando calor debido a la exposición de los rayos solares y devolviendo calor al exterior debido a la ventilación o a un mal revestimiento. La envolvente, además de tener la misión de envolver y proteger el edificio, debería permitir la respiración con el fin de evitar la humedad interior y alcanzar un equilibrio adecuado entre las ganancias y las pérdidas de calor.

La mayoría de las pérdidas de energía que se producen en edificios se debe a una envolvente inadecuada, la cual está formada por las paredes, el suelo, el techo, las puertas y las ventanas. Los componentes adecuados y los materiales aislantes permiten reducir la necesidad de calefacción o refrigeración actuando como una resistencia muy eficaz a la transmisión de calor, o dicho más sencillo, se consigue una mejor conservación de la temperatura interior.

2.3 Climatización

La climatización se define como la creación de condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad dentro de los espacios habitados. A partir de esta definición es evidente que el concepto de climatización es equivalente. A partir de esta definición se desprende que el concepto climatización equivale a lo que en inglés se llama Heating, Ventilating and Air Conditioning, o por sus siglas HVAC, expresión en la que aparecen ventilación y calefacción por un lado y aire acondicionado por otro, separados, luego se supone que, en inglés, esto último se refiere exclusivamente a la refrigeración. Así pues, la climatización comprende tres cuestiones fundamentales: la ventilación, la calefacción, o

climatización de invierno, y la refrigeración o climatización de verano. La climatización puede ser natural o artificial, aunque en lo que sigue se tratará exclusivamente de la artificial.

2.3.1 Sistemas de calefacción

Existen diferentes tipos de sistemas de calefacción estándar. Se pueden clasificar por la fuente, el lugar de origen, el tipo de fluido caloportador, la temperatura del fluido caloportador, el tipo de calefactor, etc. El significado de calefacción local es que la fuente de calor únicamente calienta un espacio, habitación o piso, mientras que la calefacción centralizada da servicio a todo un edificio. Este sistema se compone de una caldera o bomba de calor para calentar el agua, el vapor o el aire en un mismo lugar. Este espacio recibe el nombre de cuarto de calderas, y una vez que el agua, el aire o el vapor se calientan, se distribuye a todo el edificio. Los tipos de fluidos caloportadores más extendido son el agua o el aire.

2.3.2 Sistemas de refrigeración

Los sistemas de aire acondicionado permiten mantener una temperatura agradable en el interior de un edificio durante las estaciones más calurosas. El poder elegir la temperatura deseada en nuestras casas es un lujo relativamente reciente, de hecho, en los últimos años, la caída de los precios de estos dispositivos de refrigeración ha extendido su uso en muchos edificios residenciales. Además, en la mayoría de los casos los edificios no cuentan con sistemas centrales de refrigeración, lo que los haría más eficientes, sino que se instalan en pisos individuales.

Como consecuencia, los aparatos de aire acondicionado están aumentando en el verano las facturas de electricidad de las industrias, hoteles, hospitales, edificios institucionales, escuelas, edificios públicos, etc. El consumo de energía en el hogar es cada vez mayor en verano que en invierno debido al uso extendido de tales sistemas de refrigeración.

La función de un sistema de aire acondicionado es transportar calor de un sitio a otro empleando una cierta cantidad de trabajo, por ejemplo electricidad. Actúa como un intercambiador donde el calor es absorbido de dentro de la casa y se transporta al exterior donde se expulsa. Para ello el dispositivo de refrigeración utiliza una sustancia, conocida como “refrigerante”, con características físicas adecuadas. Se trata de una sustancia especial que pasa de líquido a fase gaseosa en condiciones de baja temperatura. Durante este cambio de fase el calor es atrapado.

Los sistemas de refrigeración constan de cuatro partes básicas (compresor, condensador, dispositivo de expansión y evaporador) por donde el líquido refrigerante está circulando continuamente.

2.3.3 Fuentes de energía

Los sistemas de calefacción y refrigeración necesitan para un buen funcionamiento de diferentes tipos de energía, desde los más usados como la electricidad o los combustibles líquidos, hasta energías renovables como la solar, la biomasa o la energía geotérmica.

2.4 Aparatos eléctricos y electrónicos

En nuestras casas estamos rodeados de todo tipo de aparatos eléctricos y electrónicos que usamos regularmente para satisfacer nuestras necesidades. Consideramos su uso tan elemental que a veces olvidamos el coste de energía que ese uso lleva asociado. En estos aparatos eléctricos están incluidos los seis grandes consumidores de electricidad (frigoríficos, congeladores, lavadoras, lavavajillas, televisores y secadoras), y muchos otros equipos más pequeños. A parte del precio de compra, que normalmente es el criterio utilizado para la elección de un aparato, debería ser considerado seriamente el coste de funcionamiento del aparato durante su vida. Este “coste de funcionamiento” es lo que se paga en la factura de electricidad todos los meses durante muchos años (dependiendo de su vida) debido a su consumo. Los modelos con una alta eficiencia energética, normalmente tienen un mayor coste de compra inicial, pero ahorran cantidades significativas de energía y por lo tanto dinero.

2.4.1 Frigoríficos y congeladores

Hoy en día, los frigoríficos y neveras son indispensables en los hogares ya que permiten una mejor conservación de los alimentos. A pesar de que estos dispositivos tienen una potencia relativamente baja, su alto número de horas en funcionamiento hace que sean los mayores consumidores de energía en el hogar incluso más que otros aparatos con mayor potencia. Alrededor del 15-20% de la electricidad consumida en las viviendas españolas se destina a la refrigeración y congelación de los alimentos.

Hay que tener en cuenta que la mayor parte del consumo eléctrico de un frigorífico es debido al compresor, el cual no está en funcionamiento todo el rato sino que arranca y se apaga varias veces al día. Se puede estimar un trabajo de unas 4 horas al día. Un frigorífico nuevo con etiqueta A+ consume alrededor de un 42% de electricidad en comparación con un modelo convencional (clase D o E), y sólo un 30% de electricidad si el modelo nuevo es A++. En estos dispositivos es muy importante evitar las pérdidas de frío ya que se necesitará compensar esta pérdida de frío y esto conlleva a un mayor consumo.

2.4.2 Lavadoras

Se trata de un aparato esencial que está presente en la mayoría de los hogares. El número de veces que se utiliza depende de los hábitos del usuario, pero puede estimarse, en promedio, entre 3 y 5 veces por semana. Después del frigorífico y el televisor, es el aparato eléctrico que más energía consume en los hogares españoles. La lavadora lava la ropa usando agua caliente y detergente en un proceso de rotación dentro de un tambor de carga. El mayor consumo de energía no se debe al giro constante del tambor, sino que se debe al calentamiento de agua que se realiza con una resistencia eléctrica, consumiendo alrededor del 90 % de la energía total del proceso de lavado.

2.4.3 Lavavajillas

El uso de este electrodoméstico está creciendo día a día, de acuerdo con el aumento de nuestro nivel de comodidad y con la disminución de tiempo disponible. Al igual que ocurre con la lavadora, aproximadamente el 80-90% de la energía consumida se utiliza para calentar el agua. Actualmente hay lavavajillas con varios programas de funcionamiento que son capaces de seleccionar capacidad media y modos de temperatura baja, lo que permite reducir el consumo de energía. Además, estudios recientes determinan que lavar con lavavajillas es más eficiente que lavar a mano, resultando ahorros de agua y de electricidad (dado que la mayor parte del agua ahorrada es caliente).

2.4.4 Placas de cocción

Uno de los electrodomésticos que se encuentran en todos los hogares son los aparatos de cocción utilizados para la transformación de los alimentos crudos a cocidos, fritos, a la plancha, etc. El rango de potencia en la que se pueden encontrar va desde 1.000 hasta 4.500 W, y la fuente de energía empleada es el gas natural, que se ha difundido rápidamente en los últimos años, y la electricidad.

2.4.5 Hornos

Hay dos tipos principales de hornos: de gas y eléctricos. Los primeros son los más recomendados desde el punto de vista de la eficiencia, pero son los hornos eléctricos los más extendidos entre las familias españolas, a pesar de que consumen más energía.

Aunque los hornos consumen una gran cantidad de energía de acuerdo a su potencia, el consumo realizado a lo largo de un año es relativamente bajo gracias a su menor uso en términos de tiempo (horas).

2.4.6 Pequeños electrodomésticos

Se pueden dividir en dos grupos:

- Los que realizan trabajo mecánico, tal como batir, trocear, exprimir, y que en general tienen poca potencia.

- Los que producen calor, tales como la plancha, tostadora, secador de pelo, manta eléctrica, que tienen una alta potencia y por lo tanto dan lugar a un consumo significativo.

Estos aparatos eléctricos carecen de etiqueta energética todavía, pero no por esta razón son inocuos al consumo.

2.4.7 Equipamientos electrónicos, de ofimática y de entretenimiento

Estos son los dispositivos que tienen más amplia difusión y un mayor uso diario. Cada año, los productos electrónicos emergen con sistemas más sofisticados creando una oferta más atractiva de entretenimiento. El uso de energía de los equipos electrónicos a menudo pasa desapercibido. En cambio, se ha estimado que el 10-15% de toda la electricidad consumida en los hogares españoles se puede atribuir a la gestión de los dispositivos electrónicos.

La gran mayoría de esta electricidad la consumen los equipos de entretenimiento para el hogar y los equipos de ofimáticas. Sin embargo, los pequeños usuarios de energía, incluidos los dispositivos portátiles con cargadores de batería, tienen un peso importante, no porque ellos consuman una gran cantidad de energía individualmente, sino por su número y la gran cantidad de horas de actividad. En este grupo están incluidos: televisores, aparatos de audio, reproductores de DVD, vídeos, ordenadores, videoconsolas, etc.

2.5 Iluminación

Las personas necesitan una luz adecuada para desarrollar sus actividades, dicha iluminación debe satisfacer las necesidades fisiológicas, psicológicas y estéticas de las personas. Esta iluminación incluye tanto las fuentes de iluminación artificial (lámparas y bombillas) como la iluminación natural procedente del sol. Cuando la luz natural no es suficiente, se hace necesario utilizar también luz artificial, dicha luz artificial se puede combinar con la procedente del sol o en el peor de los casos incluso se podría utilizar únicamente luz artificial. Por lo tanto, la iluminación artificial representa un componente importante del consumo de energía, lo que representa una parte significativa de toda la energía consumida en todo el mundo.

2.6 Agua Caliente Sanitaria (ACS)

La producción de ACS suele ser la segunda demanda más alta de energía térmica en un hogar. El consumo de ACS depende de los hábitos del usuario y difiere en cada país y cada hogar. Se estima que el consumo medio diario de ACS a 60 °C es aproximadamente 40 litros por persona lo que se traduce en 2 kWh. Esta energía necesaria para la producción de ACS se puede obtener mediante calentadores eléctricos, calderas de gas, quemadores de butano, colectores solares, etc. En edificios multifamiliares la producción puede ser centralizada o localizada en cada vivienda.

Normalmente, durante el periodo de funcionamiento de la calefacción, el ACS se produce por el mismo sistema de calefacción. En verano, la producción de ACS se debe hacer por separado ya que no se puede utilizar la misma entrada a la caldera. Especialmente, la eficiencia de un calentador viejo puede descender al 40 %, mientras que calentadores modernos que pueden variar el modo de funcionamiento alcanzan eficiencias del 80 % o superiores.

2.7 Energía fotovoltaica

Únicamente una pequeña parte de toda esta energía radiada llega a la Tierra, una parte en dos billones, el resto se esparce en el espacio. De esta pequeña porción, aproximadamente el 15% es reflejada por la atmósfera y vuelve al espacio, otro 30% se utiliza en la evaporación de agua que se almacena en la atmósfera produciendo la lluvia, y al final, parte de la energía solar también es absorbida por las plantas, la tierra y los océanos, permitiendo la vida vegetal a través de la fotosíntesis. El resto de energía se podría usar para satisfacer nuestras necesidades ya que esta energía es enorme.

Existen varias opciones para el aprovechamiento de la energía solar en las residencias y en los edificios en general. Las tres más importantes son:

- **Calor pasivo:** se trata de aprovechar el calor natural recibido por el sol. La principal aplicación se encuentra en el diseño de edificios donde se requeriría menos calefacción adicional (véase el capítulo de arquitectura bioclimática).
- **Solar térmica:** donde el calor del sol se utiliza para calentar agua en las casas y piscinas o para el sistema de calefacción (véase el capítulo sobre agua).
- **Energía fotovoltaica (FV):** transformación directa de la energía solar en electricidad. Un sistema fotovoltaico requiere la luz del día (no sólo los rayos solares directos) para generar electricidad.

CAPÍTULO 3 - CERTIFICACIÓN DEL EDIFICIO EJEMPLO

En este capítulo se desarrollan los procedimientos adoptados en Brasil para la certificación energética en edificios residenciales. A continuación serán analizados y desarrollados todos los parámetros necesarios para conseguir la clasificación energética final de la residencia tomada como ejemplo. Para realizar la certificación se utilizó el Reglamento Técnico de Calidad para el Nivel de Eficiencia (RTQ-R), el cual presenta los requisitos para la clasificación de la eficiencia energética de unidades habitacionales autónomas (UH), edificaciones unifamiliares, multifamiliares y áreas de uso común. Para las UHs y edificaciones unifamiliares hay dos sistemas individuales que componen el nivel de eficiencia energética de acuerdo con la zona bioclimática y región geográfica donde la edificación se localiza: la envolvente y el sistema para calentar el agua.

Para garantizar los mejores niveles de eficiencia es fundamental cumplir unos ciertos pre-requisitos para cada uno de los dos sistemas analizados. Además existe la posibilidad de aumentar el nivel energético mediante bonificaciones que representan puntos extras cuando en la residencia se utilizan estrategias más eficientes. A partir de este análisis, se obtiene la Puntuación Total de la UH (PT_{UH}).

3.1 Procedimiento para determinar la eficiencia de la residencia

El RTQ-R especifica la clasificación del nivel de eficiencia para edificaciones residenciales conforme las prescripciones descritas en los apartados correspondientes. En el caso de las edificaciones unifamiliares se aplica el procedimiento descrita para la unidad habitacional autónoma, donde se evalúan los requisitos relativos al desempeño térmico de la envolvente, la eficiencia de los sistemas para calentar agua y las bonificaciones eventuales.

De acuerdo con la puntuación final obtenida es atribuida una clasificación que varía desde un nivel A (más eficiente) hasta un nivel E (menos eficiente). Para calcular la puntuación total de la residencia hay que evaluar separadamente la envolvente, el sistema instalado para suministra agua caliente sanitaria, obteniéndose los correspondientes niveles de eficiencia energética, de acuerdo con la zona bioclimática en la que la residencia se localiza y por último se pueden sumar las bonificaciones. Para obtener la Puntuación Total de la Unidad Habitacional (PT_{UH}) se tiene que utilizar la Ecuación 3.1.

$$PT_{UH} = (a \times EqNumEnv) + [(1 - a) \times EqNumAA] + Bonificações$$

Ecuación 3.1

Dónde:

PT_{UH} : Puntuación total del nivel de eficiencia de la unidad habitacional autónoma;

a: Coeficiente adoptado conforme la región geográfica, en la cual, la vivienda está localizada;

$EqNumEnv$: equivalente numérico de desempeño térmico de la envolvente de la unidad habitacional autónoma cuando se encuentra ventilada naturalmente. El

EqNumEnv está dividido en equivalente numérico de la envolvente para, enfriamiento (EqNumEnv_{Resf}), calefacción (EqNumEnv_{VA}) y refrigeración (EqNumEnv_{Refrig});

EqNumAA: Equivalente numérico del sistema de calentamiento de agua;

Bonificaciones: Puntuación atribuida a iniciativas que aumenten la eficiencia de la vivienda.

En el presente caso práctico de aplicación para calcular la puntuación final de la residencia será calculada mediante el método prescriptivo utilizado como herramienta de cálculo la “Planilla de cálculo de desempeño de la UH”, además de la realización de algunos cálculos basados en los datos de la construcción de la vivienda ejemplo.

3.2 Resultado

Después de la introducción de todos los datos en la planilla de cálculo se obtiene un nivel C de eficiencia energética (2,81 puntos). Se puede observar en la plantilla de cálculo, que el mayor espacio de mejora se encuentra en el sistema de calentamiento de agua y también es posible mejorar la envolvente para verano y para invierno y también las bonificaciones.

CAPÍTULO 4 – MODIFICACIONES ADOPTADAS Y ANÁLISIS ECONÓMICO

El objetivo de este capítulo es analizar el resultado obtenido en el capítulo anterior para poder determinar las acciones más eficientes para elevar la puntuación de la vivienda desde el nivel C (2,81), hasta un nivel A (>4,5 puntos). Además de las acciones consideradas, fue calculado el coste de la instalación y el periodo de amortización mediante el estudio del VAN (valor actual neto) y del Payback.

4.1 Calentadores solares para ACS

El calentador solar busca proporcionar la mayor cantidad de energía proveniente del sol para calentar el agua para el uso sanitario. El correcto dimensionamiento para la demanda de energía de la residencia y su instalación, tiene como objetivo que el sistema sea utilizado del modo más eficiente posible de acuerdo con la localidad y la disponibilidad de radiación solar. Para la elección del sistema termosolar es necesario que el sistema posea sello de eficiencia energética brasileña (sello PROCEL), además de tener un equivalente de fracción solar anual mayor a 70%. Con el método de dimensionamiento obtenemos, con el sistema seleccionado, una generación de energía anual de 1.655,94 kWh, para una demanda de energía de 2.312,39 kWh, obteniéndose una fracción solar anual de 71,6%, por lo tanto, el sistema seleccionado obtiene una clasificación de eficiencia de 5 puntos (nivel A).

De acuerdo con los cálculos hechos, la cantidad de energía que provee el sistema termosolar es de 1.655,94 kWh/año, que conlleva un total de R\$851,52 de ahorro anualmente, y la inversión necesaria, incluyendo la instalación y las conexiones, es de R\$ 4.500.

4.2 Bonificación: Uso racional de agua

El primer paso para hacer un uso más racional de energía en la vivienda es estimar el consumo de agua para los cuatro integrantes de la familia con un total de 14.162 litros/mes. Una vez analizados los consumos mensuales de agua se pueden seleccionar las modificaciones pertinentes para aumentar la bonificación en este apartado. Estas modificaciones son: instalación de un sistema de recogida de agua pluvial para abastecer los inodoros, la instalación de dispositivos de doble accionamiento para la descarga de la cisterna del inodoro y limitadores de caudal en los grifos. Con la implantación de las citadas modificaciones es posible alcanzar una puntuación en la bonificación de 0,18 puntos con una inversión total de R\$ 3.076,9 y un ahorro en la factura del agua al año de R\$ 428,94.

4.3 Bonificación: Iluminación Artificial

Para alcanzar la máxima bonificación en el apartado de iluminación natural es necesario que la vivienda posea el 100% de las bombillas de cada unidad habitacional con una eficiencia lumínica superior a 75 lm/W o que posean sello Procel. Con la instalación en todos

los puntos de la casa de bombillas de diferentes potencias pero todas ellas con sello Procel, se reduce el consumo de energía al mes de 2.900 Wh hasta 733 Wh, que se traduce en un ahorro en la factura de electricidad de R\$ 406,72 al año y con una inversión inicial de R\$ 236,31.

4.4 Bonificación: Frigorífico

Hoy en día el frigorífico es indispensable en una casa, y como el frigorífico instalado en la residencia objeto de estudio es muy antigua, con una potencia de funcionamiento de 570 W y considerando que el tiempo de funcionamiento es de 8 horas al día, debido principalmente a la ineficiencia del aislamiento, la junta de la puerta, aperturas, etc. da como resultado un elevado consumo eléctrico. Como solución considerada para este alto consumo, se realiza la compra e instalación de un frigorífico con etiqueta energética A, que reduce la factura de electricidad en R\$624,47 al año, con una inversión inicial de R\$1034,1. Esta solución adoptada también aumenta la bonificación en este apartado hasta 0,1 puntos.

4.5 Análisis económico

Para calcular el valor actual neto (VAN) es necesario calcular el flujo de caja que se obtiene en el proyecto, esto es: la inversión inicial, el retorno que se obtiene con las modificaciones adoptadas, el tipo de interés y un periodo de tiempo en años considerado para estudiar las mejoras realizadas, utilizando la Ecuación 4.1.

$$VPL = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{(1+j)^i}$$

Ecuación 4.1

Dónde:

- **Inversión inicial (I_0):** $I_{0ST} + I_{0AAP} + I_{0SDD} + I_{0LC} + I_{0TL} + I_{0TR} = \text{R\$ } (4.500 + 2.852 + 159,9 + 65 + 236,31 + 1034,1) = \text{R\$ } 8847,31$
- **Coste evitado en un año (R_i):** $R_{ST} + R_{UA} + R_{TL} + R_{TR} = \text{R\$ } (851,52 + 428,94 + 406,72 + 624,47) = \text{R\$ } 2311,65$. Para un mejor análisis del VAN, se considera que el coste evitado se reduce en un 1% al año, debido a pérdidas de rendimiento de los sistemas, coste de manutención y el coste de la compra de nuevas lámparas incandescentes para sustituir durante el periodo.
- **Período en años (i):** Cálculos para un período de 10 años.
- **Tasa anual de interés (j):** En Brasil es del 9%.

Tabla 4.1: Cálculo del valor actual neto.

i	$\frac{1}{(1+j)^i}$	R_i	$\sum_{i=1}^n \frac{R_i}{(1+j)^i}$	$VPL = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{(1+j)^i}$
0	0	0	0	-8.847,31
1	0,91743	2.311,65	2.120,78	-6.726,53
2	0,84168	2.288,53	1.926,21	-4.800,32
3	0,77218	2.265,65	1.749,50	-3.050,82
4	0,70843	2.242,99	1.588,99	-1.461,83
5	0,64993	2.220,56	1.443,21	-18,62
6	0,59627	2.198,36	1.310,81	1.292,19
7	0,54703	2.176,37	1.190,55	2.482,74
8	0,50187	2.154,61	1.081,33	3.564,07
9	0,46043	2.133,06	982,12	4.546,19
10	0,42241	2.111,73	892,02	5.438,21

El payback es el tiempo que transcurre entre la inversión inicial y el momento en el cual el beneficio líquido acumulado se iguala al valor de esa inversión y como se puede percibir en la Tabla 4.1, el tiempo aproximado de retorno de la inversión es de 5 años.

4.6 Resultados

El nuevo resultado de la certificación energética de la residencia es alcanzado, principalmente, por la utilización de una fuente renovable para calentar el agua, con un nivel A en este apartado, y con nivel C en todos los demás. En este caso, se tiene como resultado final un nivel A de eficiencia ya que la legislación favorece la selección de equipamientos con sello Procel y etiqueta “A” de eficiencia energética, según los datos obtenidos por INMETRO para los diferentes productos comerciales que se encuentran en el mercado brasileño.

Pontuação Total	Identificação	Residência Unifamiliar
	Envoltória para Verão	C 3,40
	Envoltória para Inverno	C 3,40
	Aquecimento de Água	A 5,00
	Equivalente numérico da envoltória	C 3,40
	Envoltória se refrigerada artificialmente	C 3,45
	Bonificações	0,94
	Região	Sudeste
	Coefficiente a	0,65

Classificação final da UH	A
Pontuação Total	4,90

Figura 4.2: Clasificación energética final de la vivienda.

CAPÍTULO 5 - CONCLUSIONES

El desarrollo de este trabajo final de carrera ha hecho posible conocer los patrones de eficiencia energética en la construcción y rehabilitación de edificios, por lo que fueron estudiados algunos de los aspectos más importantes en la planificación y construcción de edificio residenciales, que a menudo pasan inadvertidos. Después de revisar el Reglamento vigente en Brasil, en términos de eficiencia energética en el sector residencial, cabe destacar que el reglamento, no garantiza los niveles de eficiencia en un edificio. Mayores niveles de eficiencia pueden lograrse mediante el diseño de estrategias, iniciativas y la cooperación de los distintos actores involucrados en la construcción (arquitectos, ingenieros civiles, electricistas, mecánicos, empresarios, etc.). Los usuarios tienen decisiva participación en el uso eficiente de edificios, a través de sus hábitos, que pueden reducir significativamente el consumo de energía, aumentando así la eficiencia de los edificios y reducir las emisiones.

Esta mejora en la eficiencia energética es fundamental para alcanzar las metas mundiales de reducción de gases de efecto invernadero y mejorar las condiciones de vida de millones de personas, que con la creciente demanda de energía, tienden a aumentar el consumo energético.